



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number. 05234594

(51) Int'l. Cl.: G08G 1/0968 G01P 3/36 G06T 1/00

(22) Application date: 21.09.93

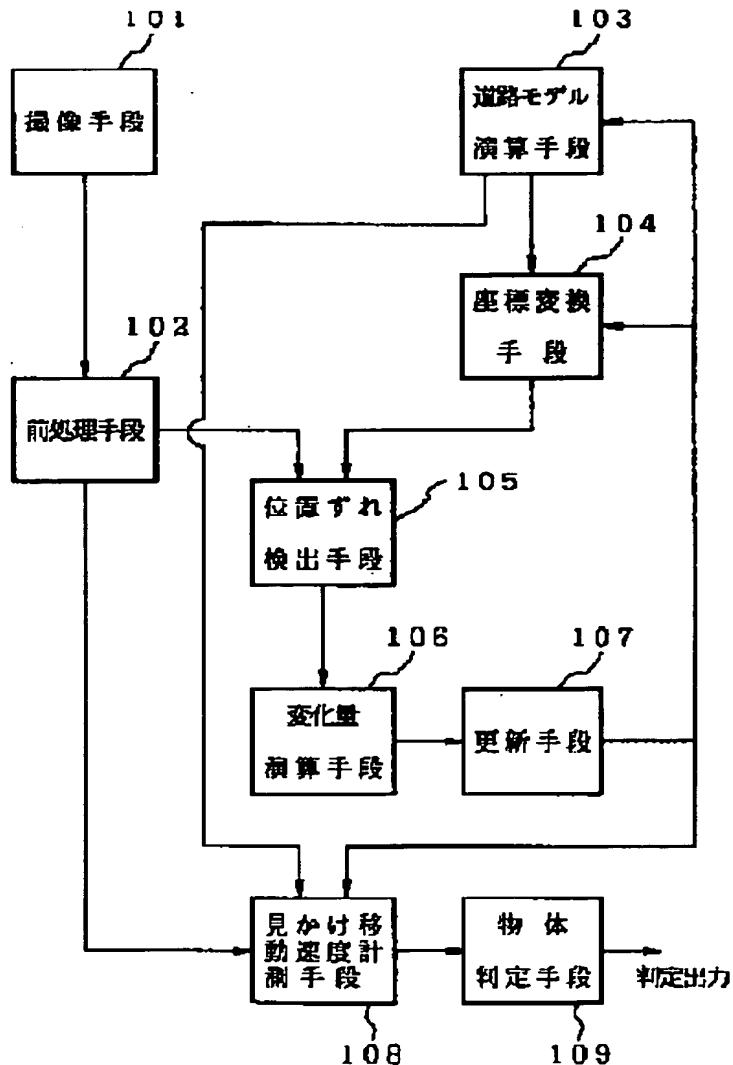
(30) Priority:	(71) Applicant: NISSAN MOTOR CO LTD
(43) Date of application publication: 07.04.95	(72) Inventor: NOSO KAZUNORI
(84) Designated contracting states:	(74) Representative:

(54) OBJECT DETECTOR FOR VEHICLE

(57) Abstract:

PURPOSE: To discriminate a character and a pattern on a road, etc., from an obstruction with height by measuring the motion of the edge point of an object in an image as if three-dimensional motion, and comparing travel amount with vehicle speed.

CONSTITUTION: When a feature representing at least a white line or obstruction is sampled by a pre-processing means 102 under a condition where the vehicle position parameter of its own vehicle and the posture parameter of an image pickup means 101 are updated, an apparent travel amount speed measuring means 108 measures the apparent moving speed of the feature point in the image by coordinate-transforming the timewise motion of the feature point in the image to the travel amount on a road shown as a three-dimensional model based on the posture parameter of the image pickup means 101 updated by an update means 107. In such a way, when the apparent moving speed of the feature point in the image is measured by the apparent moving speed measuring means 108, an object discrimination means 109 compares the apparent moving speed with the vehicle speed, and discriminates whether or not the object such as the vehicle, etc., exists at the front in the advancing direction of the vehicle.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-93693

(43)公開日 平成7年(1995)4月7日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 08 G 1/0968		B 7531-3H		
G 01 P 3/36		C		
G 06 T 1/00				
	9287-5L		G 06 F 15/ 62	3 8 0

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全16頁)

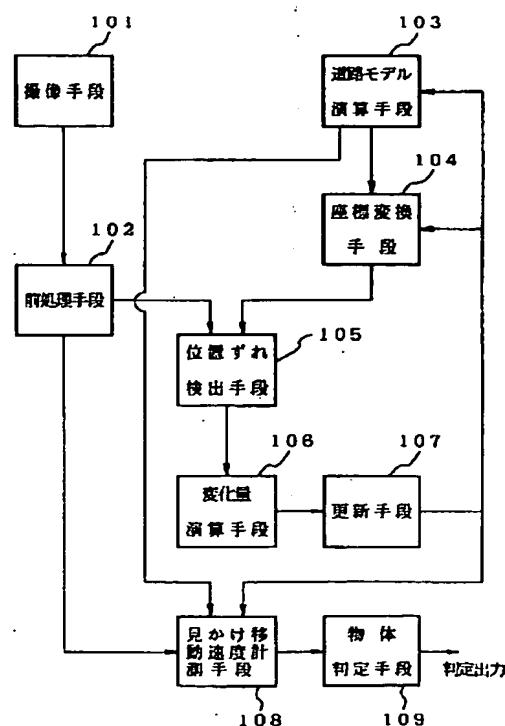
(21)出願番号	特願平5-234594	(71)出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	平成5年(1993)9月21日	(72)発明者	農宗 千典 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 自動車株式会社内
		(74)代理人	弁理士 三好 秀和

(54)【発明の名称】 車両用物体検出装置

(57)【要約】

【目的】 道路の文字や模様と車両等の物体との相違を正しく識別してその物体を精度良く検出できる車両用物体検出装置の提供。

【構成】 見かけ移動速度計測手段108によって画像中の物体のエッジ点の動きを、あたかも路面上での3次元的動きとして計測し、物体判定手段109においてその計測された動き量と車速とを比較して物体の弁別を行うことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の進行方向前方の道路を撮像する撮像手段と、

該撮像手段で撮像した画像から少なくとも白線又は障害物の候補点を表わす特徴を抽出する前処理手段と、

3次元曲線パラメータに基づいて3次元座標上で定義された3次元道路モデルを演算する道路モデル演算手段と、

該道路モデル演算手段で演算された3次元道路モデルを前記撮像手段の姿勢パラメータに基づいて画像座標に変換する座標変換手段と、

前記前処理手段により抽出した前記少なくとも白線又は障害物の候補点を表わす特徴と前記座標変換手段で座標変換された前記3次元道路モデルとを比較して、両者間の位置ずれを検出する位置ずれ検出手段と、

該位置ずれ検出手段で検出した位置ずれから前記3次元曲線パラメータの変化量および前記撮像手段の姿勢パラメータの変化量を演算する変化量演算手段と、

前記両パラメータの変化量に基づき前記車両位置パラメータ及び前記姿勢パラメータを更新する更新手段と、

前記更新手段により更新された前記撮像手段の姿勢パラメータに基づいて、前記エッジ部を表わす特徴の時間的移動を、前記3次元道路モデルで表わされる道路面上での移動量に座標変換して前記画像中の特徴点の見かけの移動速度を計測する見かけ移動速度計測手段と、

該見かけ移動速度計測手段で計測された前記画像中の特徴点の見かけの移動速度を車速と比較して車両の進行方向前方に物体が存在するか否かを判定する物体判定手段とを有することを特徴とする車両用物体検出装置。

【請求項2】 前記物体判定手段は、見かけの移動速度と車速とが同じ符号であるか逆の符号であるかに応じて各種物体の弁別を行うことを特徴とする請求項1記載の車両用物体検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば車両の自動操縦や予防安全運転のために、車両の進行方向前方の車両等の物体を検出する車両用物体検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のこの種の車両用物体検出装置として、例えば特開平4-36878号公報に開示されたものがある。この開示された車両用物体検出装置では、走行路の検出後、走行路の内側でエッジ点の検出を行い、エッジの端が、ある時間連続して存在した時、物体として検出される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のこの種の車両用物体検出装置の場合においては、車両の進行方向前方に車両等の物体が存在するか否かを単にエッジの有無を検出することのみに依存して検出する検出

手法となっていたため、特に、道路上に描かれた文字や模様なども、物体として誤検出してしまうことも起り得るという問題点があった。

【0004】 本発明は、上記した問題点に着目してなされたものであり、その目的とするところは、道路面の文字や模様と車両等の物体との相違を正しく識別して、その物体を精度良く検出することができる車両用物体検出装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するため、本発明は、図1に示す如く、車両の進行方向前方の道路を撮像する撮像手段101と、該撮像手段101で撮像した画像から少なくとも白線又は障害物の候補点を表わす特徴を抽出する前処理手段102と、3次元曲線パラメータに基づいて3次元座標上で定義された3次元道路モデルを演算する道路モデル演算手段103と、該道路モデル演算手段で演算された3次元道路モデルを前記撮像手段の姿勢パラメータに基づいて画像座標に変換する座標変換手段104と、前記前処理手段により抽出した前記少なくとも白線又は障害物の候補点を表わす特徴と前記座標変換手段で座標変換された前記3次元道路モデルとを比較して、両者間の位置ずれを検出する位置ずれ検出手段105と、該位置ずれ検出手段で検出した位置ずれから前記3次元曲線パラメータの変化量および前記撮像手段の姿勢パラメータの変化量を演算する変化量演算手段106と、前記両パラメータの変化量に基づき前記車両位置パラメータ及び前記姿勢パラメータを更新する更新手段107と、該更新手段107により更新された前記撮像手段101の姿勢パラメータに基づいて、前記エッジ部を表わす特徴の時間的移動を、前記3次元道路モデルで表わされる道路面上での移動量に座標変換して前記画像中の特徴点の見かけの移動速度を計測する見かけ移動速度計測手段108と、該見かけ移動速度計測手段で計測された前記画像中の特徴点の見かけの移動速度を車速と比較して車両の進行方向前方に物体が存在するか否かを判定する物体判定手段109とを有することを特徴とする。

【0006】

【作用】 本発明による車両用物体検出装置であれば、撮像手段101で撮像した画像から前処理手段102が少なくとも白線又は障害物を表わす特徴を抽出し、他方、道路モデル演算手段103が3次元曲線パラメータに基づいて3次元座標上で定義された3次元道路モデルを演算するので、位置ずれ検出手段105において、道路モデル演算手段103で求めた3次元道路モデルの値を座標変換手段104により画像座標に変換して受ける一方、前処理手段102が抽出した少なくとも白線又は障害物を表わす特徴を受けてその両者を比較することにより、その両者間の位置ずれを検出し、この検出結果から変化量演算手段106により自車両の車両位置パラメー

タの変化量および撮像手段101の姿勢パラメータの変化量が演算され、更新手段107によりその自車両の車両位置パラメータおよび撮像手段101の姿勢パラメータが更新される。

【0007】このように自車両の車両位置パラメータおよび撮像手段101の姿勢パラメータが更新される条件下において、前処理手段102により少なくとも白線又は障害物を表わす特徴が抽出されると、見かけ移動量速度計測手段108では、更新手段107により更新された撮像手段101の姿勢パラメータに基づいて、画像中の特徴点の時間的移動が、3次元道路モデルで表わされる道路上面での移動量に座標変換されて画像中の特徴点の見かけの移動速度が計測される。

【0008】こうして見かけ移動速度計測手段108により見かけの移動速度が計測されると、物体判定手段109は、その見かけの移動速度を車速と比較して車両の進行方向前方に車両等の物体が存在するか否かを判定できる。

【0009】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【0010】図2は、本発明の一実施例に係る車両用物体検出装置の全体構成を概略的に示すブロック図である。同図に示す車両用物体検出装置は、車両の進行方向前方の道路を撮像すべく車両に搭載された撮像手段であるカメラ1、該カメラ1で撮像した画像信号を入力し、この入力された画像信号を画像処理する画像処理部3、および該画像処理部3で得られた計測結果である道路の3次元形状データをまたは障害物の位置に基づいて車両の制御および警報判断等を行う制御部5を有する。

【0011】図2に示す画像処理部3は、カメラ1で撮像された2車線道路の画像を連続的に入力し、この画像からカメラ1の高さ(Dy)、ヨー角(θ)、ピッチ角(ϕ)、ロール角(ψ)、道路端からの距離(Dx)という車速を除くカメラの5軸の姿勢パラメータと、道路の水平曲線(ρ)および道路の勾配を表す垂直曲線(μ)の道路形状パラメータを有する3次元道路構造を同時にオンラインで推定する。そして、これらの推定した値を用いて、画像中の物体のエッジ点の動きを、あたかも道路上での3次元的動きとして計測し、計測された動き量と車速とを比較することによって、道路上の

$$G'(x, y) = \frac{1}{8} \left(-I(x, y-1) - 2I(x+1, y-1) + 4I(x-1, y) + 2I(x, y) - I(x, y+1) - 2I(x+1, y+1) \right) \quad (1)$$

$$G(x, y) = \begin{cases} G'(x, y) & \text{for } G'(x, y) \geq 0 \\ 0 & \text{for } G'(x, y) < 0 \end{cases}$$

このような演算式を使用することにより、カーブ路において遠方の白線はほとんど水平で、線幅も1画素以下で

文字や模様などと、高さのある物体とを弁別するものである。さらに、動く物体でも、およその相対移動速度を知ることが可能なものである。

【0012】図3は、図2に示す画像処理部3の詳細な構成を示すブロック図である。同図に示すように、画像処理部3は、前記カメラ1で撮像された画像を入力される画像入力部11、この画像入力部11から入力された画像情報からエッジ部を表わす特徴を抽出する前処理部13、1画面前(前時刻)に推定された道路形状パラメータに基づいて3次元の道路モデルを作成する道路モデル作成部15、前時刻に推定されたカメラの姿勢パラメータを用いて、道路モデル作成部15で作成された3次元の道路モデルを車両座標系に座標変換し、更に画像座標系に透視変換する座標変換部17、この座標変換部17によって画像座標系の座標変換された道路モデルと前処理部13で検出された道路のエッジ画像とを線対応関係で対応づける線対応マッチング部19、この線対応マッチング部19によって線対応づけられた画像の位置ずれを検出し、この位置ずれから道路形状パラメータおよびカメラの姿勢パラメータの各パラメータの変化量を推定するパラメータ推定部21、このパラメータ推定部21で推定されたパラメータを更新するパラメータ更新部23、このパラメータ更新部23で更新されたカメラの姿勢パラメータに基づいて、前処理部13で抽出したエッジ部を表わす特徴を、道路モデル作成部15で作成された3次元の道路モデルで表わされる道路上面での移動量に座標変換した時空間画像を作成する時空間画像作成部25、この時空間画像作成部25で作成した画像から、直線検出の手法によって、障害物または道路上のエッジ点を切り出し、この見かけ移動量を計測する直線処理部27、この直線処理部27で計測された見かけ移動量と車速とを比較して障害物検出と相対速度弁別を行う障害物検出部29から構成されている。

【0013】前処理部13における前処理は、カメラ1で撮像した道路の入力画像から道路の白線のエッジを検出するために、入力画像をI(x, y)とし、エッジ画像をG(x, y)とした場合、次式の演算を行い、エッジ画像を検出する。

【0014】

【数1】

撮影されてもエッジを抽出することができる。

【0015】また、この前処理部13では、画像中の車

両進行方向前方の道路内の2次元形状物もしくは3次元形状物のエッジ部を表わす特徴を公知の他の特徴強調処理で抽出してもよい。

【0016】道路モデル作成部15および座標変換部17では、前時刻に推定される道路形状パラメータを基に3次元の道路モデルを作成し、また前時刻に推定されるカメラの挙動パラメータを用いて車両座標系に座標変換し、更に2次元の画像座標系に透視変換する。なお、本実施例では、道路のカーブや勾配のパラメータは時間的に変化するものと考える。カメラ1の焦点距離は既知とし、また車両の速度成分に推定しないものとする。これは白線と平行に移動しても、見かけ上の白線位置は変化しないためである。従って、推定すべきパラメータは、前述したカメラ1の高さ(Dy)、ヨー角(θ)、ピッチ角(ϕ)、ロール角(ψ)、道路端からの距離(Dx)のカメラの5軸の姿勢パラメータに加えて、水平曲線(ρ)および垂直曲率(μ)を含む道路形状パラメータである。

【0017】まず、座標系について図4を参照して説明する。座標系としては、道路座標系(X, Y, Z)、車

10

20

$$x = -F \cdot U/W$$

$$y = -F \cdot v/w$$

但し、Fはカメラ1のレンズの焦点距離である。

【0023】道路座標系と車両座標系との関係が車両の挙動、すなわちカメラ1の姿勢に対応する。以下、カメラ1の道路端からの距離をDx、カメラ1の高さをDy、ヨー角をθ、ピッチ角をϕ、ロール角をψで表す。

【0024】車両座標系は、まず道路座標系(Dx, Dy, 0)だけ平行移動した後、ヨー角θ、ピッチ角ϕ、ロール角ψの順で回転させる。なお、ヨー角θは、

30

両座標系(U, V, W)および2次元の画像座標系(x, y)の3つの座標系を定義する。

【0018】道路座標系(X, Y, Z)は、現在車両が置かれている地点を基準に道路の形状を表すものであり、図4に示すように、道路中央の路面上に原点を取り、道路接続および路面と平行で車両の進行方向にZ軸、左方向に路面と平行にX軸、路面と垂直で上方にY軸を取る右手系である。なお、カメラ1のレンズの中心は常にZ=0の位置にあるものとする。

【0019】車両座標系(U, V, W)は、カメラ1のレンズの中心を原点とし、該レンズの主軸方向にW軸、撮像面と平行にU軸およびV軸を取る右手系である。

【0020】画像座標系(x, y)は、撮像面上で定義され、x軸がU軸と平行、y軸がV軸と平行で、それぞれ逆向きであるものとする。

【0021】また、車両座標系で表された3次元空間上の点P(U, V, W)は、画像上の画像座標系で次式のように透視変換されて表される。

【0022】

W軸をXZ平面に射影した時のZ軸とのなす角度であり、ピッチ角ϕはW軸とXZ平面との角度であり、ロール角ψはW軸回りの回転角でU軸とXZ平面との角度である。回転マトリックスをRとすると、道路座標系で表された点は、次式により車両座標系へ変換される。

【0025】

【数2】

$$7 \quad \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X - D_x \\ Y - D_y \\ Z \end{pmatrix}, \quad R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix}$$

但し、

$$\begin{aligned} R_{11} &= \cos \theta \cos \phi - \sin \theta \sin \phi \sin \phi \\ R_{12} &= -\cos \phi \sin \phi \\ R_{13} &= \sin \theta \cos \phi + \cos \theta \sin \phi \sin \phi \\ R_{21} &= \cos \theta \sin \phi + \sin \theta \sin \phi \cos \phi \\ R_{22} &= \cos \phi \cos \phi \\ R_{23} &= \sin \theta \sin \phi - \cos \theta \sin \phi \cos \phi \\ R_{31} &= \sin \theta \cos \phi \\ R_{32} &= \sin \phi \\ R_{33} &= \cos \theta \cos \phi \end{aligned} \quad (3)$$

次に、道路モデル作成部15で作成される道路モデルについて説明する。

【0026】道路は、横断曲線（カーブ）と縦断曲線（勾配）に分けて構造が決定されている。横断道路は曲率一定の円弧部、直線部、およびこれらを滑らかに結ぶための緩和曲線部によって定義される。また、縦断曲線は一定勾配である直線部を放物線によって滑らかに結ぶ

$$X = f(Z) = aZ^4 + bZ^3 + cZ^2 + B$$

$$Y = g(Z) = dZ^3 + eZ^2$$

ここで、Bは、道路中心から白線までの距離を表し、3車線道路の場合には、左の白線に対してBは正の定義であり、中央に対しては0である。a～eは求める道路形状パラメータである。なお、水平方向の式f(Z)を4次式としたのは、S字カーブにも対応するためであ

$$\rho = \frac{f''(Z)}{(1 + f'(Z)^2)^{3/2}} = \frac{12aZ^2 + 6bZ + 2c}{(1 + (4aZ^3 + 3bZ^2 + 2cZ)^2)^{3/2}} \quad (4)$$

$$\mu = \frac{g''(Z)}{(1 + g'(Z)^2)^{3/2}} = \frac{6dZ + 2e}{(1 + (3dZ^2 + 2eZ)^2)^{3/2}} \quad (5)$$

特に、Z=0の付近の曲率は、水平曲率 $\rho = 2c$ および垂直曲率 $\mu = 2e$ である。

【0031】このようにして、N点からなる道路モデルを作成する Z_i ($i = 1 \sim N$) を与えれば、白線の3次元座標を計算することができる。また、Zの地点の曲率を求めることが可能である。

【0032】上述した式(4)で示した道路形状パラメ

ものとされている。

【0027】3次元の道路座標上では、横断曲線、縦断曲線とともに多次曲線によって近似される。そして、路面上に描かれた白線の道路座標系における座標は次式のように定義される。

【0028】

【0029】また、道路の水平曲率 ρ および垂直曲率 μ は、次式で表される。

【0030】

【数3】

ータ a, b, c, d, e を前画面（前時刻）から得て、道路モデルを作成し、この道路モデルを前時刻におけるカメラ1の挙動パラメータに基づく車両座標系に変換する。そして、道路モデル上の各点が現画面（現時刻）でどう移動するかを観測することによって、車両座標系における挙動変動量および道路パラメータの変動量を求める。すなわち、道路モデル上の点(x, y)が現画面で

9

$(\Delta x, \Delta y)$ だけ変動したとし、この変動 $\Delta x, \Delta y$ がカメラの姿勢パラメータの変動と道路形状パラメータの変動とに起因すると考えて、各パラメータの変動量と Δx および Δy との関係を導く。なお、パラメータは各時刻毎に変動量を積分することになるが、モデルを基準とした変動量であるので、誤差の蓄積はない。

$$x' = x + \Delta x$$

$$y' = y + \Delta y$$

カメラの姿勢パラメータの変動を車両座標系での点の移動として考える。すなわち、車両座標系で挙動変動量を求め、前時刻の姿勢パラメータと合成することにより、現時刻におけるカメラの姿勢パラメータに変換し、次時刻で更に新たな車両座標系を作成する。なお、挙動変動量を道路座標系でなく、車両座標系で求めるのは、回転

$$\begin{pmatrix} U' \\ V' \\ W' \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D_U \\ D_V \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & \tau & -\alpha \\ -\tau & 1 & \beta \\ \alpha & -\beta & 1 \end{pmatrix}$$

で表される。なお、 D_U, D_V は平行移動成分であり、 α, β, γ はそれぞれ V 軸、 U 軸、 W 軸回りの回転角である。但し、各パラメータの値は、十分小さいものとし、 $\sin \delta = \delta, \cos \delta = 1, \sin \alpha = \alpha, \cos \alpha = 1, \sin \beta = \beta, \cos \beta = 1, \sin \gamma = \gamma, \cos \gamma = 1$ とするとと共に、2次以上の項は無視し

$$x = -P \frac{U + \tau V - \alpha W + D_U}{\alpha U - \beta V + W}$$

$$y = -P \frac{-\tau U + V + \beta W + D_V}{\alpha U - \beta V + W}$$

各姿勢パラメータの微小変動による画像座標の変動は、(5) 式の Table 展開の1次の項から次式のように表される。

$$\Delta x = \frac{\partial x}{\partial D_U} \Delta D_U + \frac{\partial x}{\partial D_V} \Delta D_V + \frac{\partial x}{\partial D_\alpha} \Delta \alpha + \frac{\partial x}{\partial D_\beta} \Delta \beta + \frac{\partial x}{\partial D_\gamma} \Delta \gamma$$

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial D_U} \Delta D_U + \frac{\partial y}{\partial D_V} \Delta D_V + \frac{\partial y}{\partial D_\alpha} \Delta \alpha + \frac{\partial y}{\partial D_\beta} \Delta \beta + \frac{\partial y}{\partial D_\gamma} \Delta \gamma$$

(8) 式から、 $\alpha, \beta, \gamma = 0$ なる条件を近似的に計算すると、次式に示すようにカメラの姿勢パラメータの変動分が得られる。

10

【0033】パラメータの変動によって画像上の道路モデル上の点 (x, y) が (x', y') に移動したと考え、点の移動量を $(\Delta x, \Delta y)$ とすると、次式で表される。

【0034】

(6)

角が常に 0 からの変動となるため、近似的精度を維持しながら線形解を求められるからである。

【0035】車両座標系において、点 P (U, V, W) が点 P' (U', V', W') に移動するとすると、

【数4】

(7)

た。

【0036】(6) 式と (2) 式とから、次式が得られる。

【0037】

【数5】

(8)

【0038】

【数6】

【0039】

【数7】

11

$$\Delta x = -F \left(\frac{1}{w} \Delta D_U - \frac{w^2 + u^2}{w^2} \Delta \alpha + \frac{u v}{w^2} \Delta \beta + \frac{v}{w} \Delta \gamma \right)$$

12

(10)

$$\Delta y = -F \left(\frac{1}{w} \Delta D_V - \frac{u v}{w^2} \Delta \alpha + \frac{w^2 + v^2}{w^2} \Delta \beta + \frac{u}{w} \Delta \gamma \right)$$

次に、道路パラメータの変動分について考える。上述し た (3) および (4) 式から、

$$U = R_{11} (X - D_X) + R_{12} (Y - D_Y) + R_{13} Z$$

$$V = R_{21} (X - D_X) + R_{22} (Y - D_Y) + R_{23} Z$$

$$X = f(Z), Y = g(Z) \quad (11)$$

であるので、これを (7) 式に代入するとともに、また 【数8】

$\alpha, \beta, \gamma = 0$ において

$$\Delta x = \frac{\partial x}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial x}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial x}{\partial c} \Delta c + \frac{\partial x}{\partial d} \Delta d + \frac{\partial x}{\partial e} \Delta e$$

(12)

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial y}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial y}{\partial c} \Delta c + \frac{\partial y}{\partial d} \Delta d + \frac{\partial y}{\partial e} \Delta e$$

を計算すると、次式に示すように道路パラメータの変動 【0040】

分が得られる。 20 【数9】

$$\Delta x = \frac{F}{w^2} [(R_{11}w - R_{31}U)(Z^4 \Delta a + Z^3 \Delta b + Z^2 \Delta c)$$

$$+ (R_{12}w - R_{32}U)(Z^3 \Delta d + Z^2 \Delta e)]$$

$$\Delta y = \frac{F}{w^2} [(R_{21}w - R_{31}V)(Z^4 \Delta a + Z^3 \Delta b + Z^2 \Delta c)$$

$$+ (R_{22}w - R_{32}V)(Z^3 \Delta d + Z^2 \Delta e)] \quad (13)$$

従って、(9) 式と (13) 式を加算すると、カメラの 【0041】

姿勢パラメータと道路パラメータによる画像上での点の 【数10】

移動量の関係式が得られる。

$$\Delta x = \frac{F}{w^2} [(R_{11}w - R_{31}U)(Z^4 \Delta a + Z^3 \Delta b + Z^2 \Delta c)$$

$$+ (R_{12}w - R_{32}U)(Z^3 \Delta d + Z^2 \Delta e)]$$

$$+ w \Delta D_U - (w^2 - u^2) \Delta \alpha - u v \Delta \beta + v w \Delta \gamma)]$$

(14)

$$\Delta y = \frac{F}{w^2} [(R_{21}w - R_{31}V)(Z^4 \Delta a + Z^3 \Delta b + Z^2 \Delta c)$$

$$+ (R_{22}w - R_{32}V)(Z^3 \Delta d + Z^2 \Delta e)]$$

$$+ w \Delta D_V - u v \Delta \alpha + w^2 + u^2) \Delta \beta - u w \Delta \gamma)]$$

次に、線対応マッチング部 19 における線対応マッチングについて説明する。

【0042】 モデルを用いたカメラ姿勢の推定手法に 50 は、点対応と線対応とがあるが、本実施例では線対応、

13

すなわち道路モデルにおける接線と画面中から抽出される白線の線成分とを対応づける。白線は滑らかな曲線であるので、点の対応は困難であるからである。

【0043】対応付けには画像の探索が必要であるが、ここでは同一x軸または同一y軸上を走査する。探索処理が簡単化できるため、高速化につながるからである。x軸走査かy軸走査かの選択は、対応付けする線の傾きの大きさに応じて行う。

【0044】画像座標系における道路モデル上の点P

$$\omega = \frac{\{R_{21}f'(Z) + R_{22}g'(Z) + R_{23}\}W - \{R_{31}f'(Z) + R_{32}g'(Z)Z + R_{33}\}V}{\{R_{11}f'(Z) + R_{12}g'(Z) + R_{13}\}W - \{R_{31}f'(Z) + R_{32}g'(Z)Z + R_{33}\}U}$$

$$f'(Z) = 4aZ^3 + 3bZ^2 + 2cZ$$

$$g'(Z) = 3dZ^2 + 2eZ$$

現時刻の白線は、点P付近の点P' (x', y') でモデルと同じ ω なる傾きを有すると仮定する。すなわち、傾きの変化はないものとする。前時刻で求められたモデルが現時刻で白線位置まで移動したと考える。この場合 20

$$\Delta x/p + \Delta y/q = 1$$

(17)

であり、更に

$$q/p = -\omega$$

(18)

であるから、

$$\Delta x - \Delta y/\omega - p = 0$$

(19)

または

$$-\omega \Delta x + \Delta y - q = 0$$

(20)

が得られる。上式は直線の座標軸方向の（見かけの）移動量と実際の移動量の関係を表す。| ω | が大きい時（垂直に近い場合）は、(19)式が使用され、| ω | が小さい時（水平に近い場合）は、(20)式が使用される。

【0046】道路モデル上のいくつかの点でP_i (x_i, y_i) と ω_i を計算し、入力画像上における点との

$$E_i = A_{1i}\Delta a + A_{2i}\Delta b + A_{3i}\Delta c + A_{4i}\Delta d + A_{5i}\Delta e + A_{6i}\Delta D_U + A_{7i}\Delta D_V + A_{8i}\Delta \alpha + A_{9i}\Delta \beta + A_{10i}\Delta \gamma - B_i$$

(21)

但し

【数14】

14

(x, y)における接線の傾きを ω で表し、 ω を

【数11】

$$\omega = \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial z} / \frac{\partial x}{\partial z} \quad (15)$$

で定義すると、 ω は次式で計算される。

【0045】

【数12】

の道路モデルと白線との関係は図5に示すようになる。同一x軸上の移動量をpとし、同一y軸上の移動量をqとすると、 Δx と Δy との関係は、

(17)

(18)

(19)

(20)

対応から p_i または q_i を求め、最小二乗法を適用すれば、連立方程式が得られ、各パラメータの変化量が算出される。

【0047】評価誤差は、上述した(14)式と(19)式および(20)式とから次式で求められる。

【0048】

【数13】

$$A_{41} = \begin{cases} \frac{1}{W_1^2} \frac{1}{\omega_1^2} ((R_{11} W_1 - R_{31} U_1) Z_1)^4 - \frac{1}{\omega_1} \frac{1}{W_1^2} ((R_{21} W_1 - R_{31} V_1) Z_1)^4 & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -\omega_1 \frac{1}{W_1^2} ((R_{11} W_1 - R_{31} U_1) Z_1)^4 + \frac{1}{W_1^2} ((R_{21} W_1 - R_{31} V_1) Z_1)^4 & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$A_{21} = A_{11} \frac{1}{Z_1}$$

$$A_{31} = A_{11} \frac{1}{Z_1^2}$$

$$A_{41} = \begin{cases} \frac{1}{W_1^2} \frac{1}{\omega_1^2} ((R_{12} W_1 - R_{32} U_1) Z_1)^3 - \frac{1}{\omega_1} \frac{1}{W_1^2} ((R_{22} W_1 - R_{32} V_1) Z_1)^3 & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -\omega_1 \frac{1}{W_1^2} ((R_{12} W_1 - R_{32} U_1) Z_1)^3 + \frac{1}{W_1^2} ((R_{22} W_1 - R_{32} V_1) Z_1)^3 & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$A_{51} = A_{41} \frac{1}{Z_1}$$

$$A_{61} = \begin{cases} \frac{1}{W_1} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -\omega_1 \frac{1}{W_1} & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$A_{71} = \begin{cases} -\frac{1}{\omega_1} \frac{1}{W_1} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -\frac{1}{W_1} & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

【数15】

17

$$A_{81} = \begin{cases} -\frac{w_1^2 - u_1^2}{w_1} + \frac{1}{\omega_1} \frac{u_1 v_1}{w_1^2} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ \omega_1 \frac{w_1^2 - u_1^2}{w_1} - \frac{u_1 v_1}{w_1^2} & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$A_{91} = \begin{cases} \frac{u_1 v_1}{w_1^2} - \frac{1}{\omega_1} \frac{w_1^2 u_1^2}{w_1^2} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -\omega_1 \frac{u_1 v_1}{w_1^2} + \frac{w_1^2 u_1^2}{w_1^2} & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$A_{101} = \begin{cases} \frac{v_1}{w_1} + \frac{1}{\omega_1} \frac{u_1}{w_1} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ -(\omega_1 \frac{v_1}{w_1} + \frac{u_1}{w_1}) & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

$$B_1 = \begin{cases} p_{1/F} & \text{if } \omega_1 \geq 1 \\ q_{1/F} & \text{if } \omega_1 \leq 1 \end{cases}$$

18

(22)

次に、本実施例の作用を説明する。

【0049】まず、道路モデル作成部15において、N点からなる道路モデルを作成する。そして、前時刻のカメラの姿勢パラメータ(Dx, Dy, θ, φ, ψ)の推定結果から、(3)式の変換行列を作成する。それから、前時刻の道路形状パラメータ(a, b, c, d, e)から(4)式に基づいて道路座標系(X, Y, Z)で道路モデルの3次元座標を計算する。すなわち、前時刻の道路形状パラメータ(a, b, c, d, e)から

(4)式にZ=Z_i (i=1~N)とおくことによって道路モデルの点列を作成する。次に、前時刻のカメラの挙動パラメータ(Dx, Dy, θ, φ, ψ)により

(3)式で車両座標系(U, V, W)に変換し、更に(1)式で画像座標系(x, y)に変換し、座標(x_i, y_i) (i=i~N)を得る。また、(16)式で接線の傾きωを計算する。なお、各座標変換は、座標変換部17で行われる。

【0050】道路モデルから算出される値は、(21)式に現れているZ_i, U_i, V_i, W_i, ω_iおよびx

$$C_i(\tau) = \sum_{j=-My12}^{My12} G(x_i + \tau + j\omega_i, y_i + j)$$

$$(\tau = -Mx/2 \sim Mx/2)$$

を求め、C_i(τ)の最大値近傍で重心を求め、p_iとする。また、この時のC_i(τ)の値は確からしさを表すので、あらためてC_iとおく。

【0053】また、|ω_i| < 1の場合も同様にq_iを求める。なお、幅M_x、高さM_yについては数画素が適当である。

i, y_i (i=1~N)である。このうち、Z_iは道路座標上で例えば3メートル間隔と予め定めておく。すなわち、Z_iを与えると、(21)式中のA_{r i} (r=1~10)の値が定まる。次に、入力画像とのマッチングを行い、B_iを求める。

【0051】線対応マッチング部19は、画像入力部11を介してカメラ1から得られる入力画像であるエッジ画像とモデル点接続との線対応マッチングを行う。|ω_i| ≥ 1のとき(垂直に近い場合)は、各モデル点(x_i, y_i)を中心とし、x軸方向に探索して、p_iを求め、|ω_i| < 1のとき(水平に近い場合)は、y軸方向に探索して、q_iを求める。

【0052】|ω_i| ≥ 1のときは、点(x_i, y_i)を中心とし、幅M_x、高さM_yなるウインドウを考える。この内で、傾きω_iの直線を発生させ、直線上のエッジ濃度の和が最も大きい直線を選択し、直線のx座標値とx_iとの差をp_iとする。すなわち、

【数16】

【0054】以上のようにして、(21)式で示す評価誤差のすべての係数が求められるので、最小二乗法を適用することにより、各パラメータをパラメータ推定部21において推定することができる。

【0055】ここで、別の誤差尺度を考える。1つは道路パラメータが時間的に大きく変動しないことを利用す

るものである。すなわち、 $\Delta a \sim \Delta e$ は 0 に近いといえ

$$E_{G1} = \Delta a, E_{G2} = \Delta b, E_{G3} = \Delta c,$$

$$E_{G4} = \Delta d, E_{G5} = \Delta e, E_{G6} \sim E_{G10} = 0$$

として、それぞれの重みを G_r ($r = 1 \sim 5$) を定数として定義する。

【0056】もう 1 つの誤差は、曲率に関するものである。道路パラメータ c と e は $Z = 0$ の地点の曲率の $1 /$

$$E_{\rho} = C_{k-1} + \Delta c - \rho_k$$

$$E_{\mu} = e_{k-1} + \Delta e - \mu_k$$

但し

$$\rho_k = \frac{1}{(T_2 - T_1 - 1) \cdot 2} \sum_{t=T_1}^{T_2} \rho_{k-t} (v_t)$$

$$\mu_k = \frac{1}{(T_2 - T_1 - 1) \cdot 2} \sum_{t=T_1}^{T_2} \mu_{k-t} (v_t) \quad (26)$$

とすることができます。なお、 c_{k-1} および e_{k-1} はそれぞれ前画面の結果である。また、 ρ_{k-1} および μ_{k-1} は t 画面前の結果から得られる曲率である。

【0057】各パラメータは最小二乗法で推定される。すなわち、

【数 18】

$$(\Phi_{1m})(\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta d, \Delta e, \Delta D_U, \Delta D_V, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma)^T = (\theta_m)$$

10 【数 17】

る。そこで、

(24)

2 である。車両も速度が既知で、速度 v (m (メートル) / 1 画面時間) で走行しているとすると、 t 画面前の $Z = v t$ の地点の曲率が現画面の $Z = 0$ の曲率になるはずである。従って、

(25)

$$E = \sum_{i=1}^N C_i E_i^2 + \sum_{r=1}^5 G_r E_{Gr}^2 + H_{\rho} E_{\rho}^2 + H_{\mu} E_{\mu}^2$$

を最小化するように上式を各変数で微分し、それぞれ 0 とおく。なお、 H_{ρ} および H_{μ} は重み定数である。このようにして、次に示す 10 元連立 1 次方程式

【数 19】

$$\Phi_{1m} = \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{i=1}^N C_i A_{11} A_{mi} & \text{for } 1 \neq m \\ \sum_{i=1}^N C_i A_{11} A_{mi} + G_B & \text{for } 1 = m = 1, 2, 4 \\ \sum_{i=1}^N C_i A_{11} A_{mi} + G_B + H_{\rho} & \text{for } 1 = m = 3 \\ \sum_{i=1}^N C_i A_{11} A_{mi} + G_B + H_{\mu} & \text{for } 1 = m = 5 \end{array} \right\}$$

$$\Phi_m = \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{i=1}^N C_i A_{mi} B_i + H_{\rho} (\rho_k - c_{k-1}) & \text{for } m = 3 \\ \sum_{i=1}^N C_i A_{mi} B_i + H_{\mu} (\mu_k - e_{k-1}) & \text{for } m = 5 \\ \sum_{i=1}^N C_i A_{mi} B_i & \text{otherwise} \end{array} \right\} \quad (28)$$

が作成される。ここで、 i (i の小文字) は 1 ～ 10 であり、 $m = 1 \sim 10$ である。

【0058】この 10 元連立 1 次方程式は容易に解くことができる。

【0059】以上のようにして、パラメータ推定部21において最小二乗法により各パラメータの変化量が計算されると、これらの結果を基にカメラの姿勢パラメータ($D_x, D_y, \theta, \phi, \psi$)および道路形状パラメータ(a, b, c, d, e)がパラメータ更新部23において更新される。なお、前時刻のパラメータを添字k-1

$$\begin{aligned} a(k) &= a(k-1) + \Delta a, \quad b(k) = b(k-1) + \Delta b, \\ c(k) &= c(k-1) + \Delta c, \quad d(k) = d(k-1) + \Delta d, \\ e(k) &= e(k-1) + \Delta e \end{aligned} \quad (29)$$

また、カメラの姿勢パラメータ $D_x, D_y, \theta, \phi, \psi$ は、以下のように更新される。(7)式中のパラメータ $(D_U, D_V, \alpha, \beta, \gamma)$ はk-1においてすべて0とみなせるので、 $D_U = \Delta D_U, D_V = \Delta D_V, \alpha = \Delta$

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} U' \\ V' \\ W' \end{pmatrix} &= S R \begin{pmatrix} X - D_X \\ Y - D_Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D_U \\ D_V \\ 0 \end{pmatrix} \\ &= S R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -D_X \\ -D_Y \\ 0 \end{pmatrix} + (S R)^{-1} \begin{pmatrix} D_U \\ D_V \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (30)$$

となる。カメラの姿勢パラメータの更新により、

$$(U, V, W) = (U', V', W')$$

$$R(k) = S R(k-1)$$

$$D_X(k) = D_X(k-1) - R_{11}(k) D_U - R_{21}(k) D_V$$

$$D_Y(k) = D_Y(k-1) - R_{12}(k) D_U - R_{22}(k) D_V \quad (32)$$

にて求められる。なお、 $R^{-1} = R^T$ なる関係式を用いた。 $\theta(k), \phi(k), \psi(k)$ は(3)式中の $R_{31}(k), R_{32}(k), R_{12}(k)$ から容易に求められる。

【0062】次に、時空間画像作成部25、直線検出部27、及び物体検出部29での一連の処理動作で障害物を検出する方法について説明する。

【0063】まず、物体を弁別する原理について説明する。

【0064】道路形状とカメラ姿勢の推定によって、前方道路の3次元形状と道路に対する5自由度カメラ姿勢が求められたとする。この時、物体が全て路面上にあると仮定すると、画像座標系の座標値と道路座標系の座標値とは、一対一対応する。なぜなら、道路面は(4)式の道路モデルで3次元形状が記述され、この3次元座標は(2)式および(3)式で画像座標系に変換されるからである。

【0065】いま、高さのある物体が画像に映っているとする。2次元画像では高さの有無の判断はできないが、画像座標系で見かけ上の座標値は求められる。見かけ上の座標値は、その点が路面上にあるものとして考えると、何m前方の点であるかが計測できる。例えば、図6に示すように、高さのある物体は、実物の位置より遠方の道路上に点(頂点、エッジ点)があるように、観測される。

で表し、更新されたパラメータを添字kで表す。

【0060】まず、道路形状パラメータa, b, c, d, eは、 $\Delta a \sim \Delta e$ をそのまま加えればよい。すなわち、次式に示すようになる。

【0061】

【数20】

10 $\alpha, \beta = \Delta \beta, \gamma = \Delta \gamma$ とおく。(2)式を(7)式に代入すると、

【数21】

とすればよい。(3)式と(30)式を比較することにより、

【0066】いま、路面のほうが車速分だけカメラに近づいたとする。この時、静止物体であれば、真の移動量は車速と一致するが、見かけ上の移動量は車速より大きく観測される(図6)。また、路面上の模様や汚れなどについては、真の移動量と見かけの移動量は等しい。さらに、先行車のように動く物体の場合、ゆっくり近づいていれば、見かけの移動量は車速より小さく、しかし、車速と同じ符号をもつ。逆に遠方の遠ざかる先行車の場合は、車速と見かけの移動量とは、逆の符号となる。すなわち、

路面上の模様	見かけの移動量=車速
静止物体	見かけの移動量>車速
移動物体(接近)	0 < 見かけの移動量 < 車速
40 移動物体(遠のく)	0 > 見かけの移動量

となる。

【0067】以上が、静止物体と、ゆっくり接近する物体と、遠ざかる物体と、路面上のノイズや模様との、弁別原理である。

【0068】時空間画像作成部25では、前処理部13で抽出された特徴点と、道路モデル作成部15で作成された3次元の道路モデルと、パラメータ更新部23により更新された姿勢パラメータとを受けて時空間画像を作成する。

50 【0069】この時空間画像の作成について説明する。

23

【0070】道路モデルは既知（推定された）であるので、(4)式から、道路と平行、かつ、等間隔の座標点列を求める。図7(a)のように、例えれば2車線の場合、各車線内で2本づつ、あるいは各車線の中央で求め

$$X = a z^4 + b z^3 + c z^2 + L_j$$

24

る。各平行線を添え字 j で区別し、前方方向の点列を添え字 i で区別する。点の道路座標系での値は、(4)式と同様に、

【数22】

$$Y = d z^3 + e z^2$$

Z_i は例えれば1m間隔にとる。 L_j は道路中央を0とし、例えれば、 $L_1 = -2.5m$, $L_2 = -1.25m$, $L_3 = 0m$, $L_4 = 1.25m$, $L_5 = 2.5m$, などとする。道路形状パラメータ a , b , c , d , e は前記道路形状の推定によって求められた値を用いる。

【0071】(33)式で計算された座標値を(2)式から(3)式で座標変換すれば、画像座標 $(x_{i,j}, y_{i,j})$

$$H_j(k, i) = G_k(x_{i,j}, y_{i,j})$$

である。

【0073】図7(a)～(c)に以上の様子を示す。図7(c)は、 $j=3$ すなわち中央線(途切れ線と仮定)上の時空間画像の概念図を示した。

【0074】時空間画像では、等速度で移動しているエッジ点が直線状に現われる。そして、この直線の傾きが見かけの移動量である。

$$P_j(\alpha, \beta) = \sum_{\tau=0}^K H_j(k-\tau, \alpha+\tau+\beta)$$

$$(\alpha = -A_1 \dots A_2, \beta = 0 \dots B_1)$$

で求められる。 $P_j(\alpha, \beta)$ で、あるしきい値以上の値をもつ点 (α, β) があれば、直線が検出されたとみなす。 β の値から点までの距離が求められ ($= Z_i$, $i = \beta$)、傾き β は見かけの速度と一致する。

【0076】こうして見かけの移動速度が求まると、物体検出部29では、次のように物体検出と相対速度弁別を行う。

【0077】前述のように、見かけの速度(移動量)と車速の関係から、物体を判別する。車速は車速計から求めてもよいが、ここでは、中央線の移動量から求める手法を説明する。

【0078】中央線が途切れ線であるものとすると、図7(c)のように、一定の傾きをもつ直線群が検出される。よって、 $j=3$ における直線検出結果の α の値を車速(の推定値) V とする。

【0079】 $j \neq 3$ において直線が検出されなければ、物体はないものと判断する。直線が検出された場合、その傾き α の符号や V との比較から、

(1) α と V とがほぼ等しい時、路面上の汚れや模様と判断

i, j が求められる。この時、カメラ姿勢パラメータの値は、前記の推定結果を用いる。

【0072】現在時刻 $t = t_k$ を単に k で表す。時刻 k の前処理結果画像 $G_k(x, y)$ の点 $(x_{i,j}, y_{i,j})$ の値を取り出して、時空間画像 $H_j(k, i)$ を作成する。すなわち、

(34)

【0075】直線検出部27では、時空間直線作成部20により作成された時空間画像から直線検出の手法によって、物体または路面上のエッジ点を切り出す。例えれば、時刻 k から $k-K$ までの区間で Hough変換する。 K は例えれば1秒である。Hough平面を $P_j(\alpha, \beta)$ とすると、

【数23】

(35)

(2) α の絶対値が V の絶対値より大きい場合、静止または速い相対速度で接近する物体と判断

(3) α の符号と V の符号とが逆の場合、遠ざかる物体と判断

(4) 上記以外、ゆっくり近づく物体と判断とする。

【0080】上記(2)や(4)の場合、前述のように、 β の値から物体までの距離が求められる ($= Z_i$ で $i = \beta$ とおく) ので、距離に応じて警報したり、車速の自動制御を行えばよい。

【0081】

【発明の効果】以上のように、この発明は、道路の3次元形状とカメラの対道路姿勢とを、予め計測することによって、画像中の物体のエッジ点の動きを、あたかも路面上での3次元的動きとして計測し、計測された動き量と車速とを比較することによって、路面上の文字や模様などと、高さのある障害物とを弁別できる。さらに、動く障害物でも、およその相対移動速度を知ることも可能である。また、1台のカメラ信号を処理するのみであるので、低コストで実現可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のクレーム対応図である。

【図2】本発明の一実施例に係る車両用物体検出装置の全体構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】図2に示す車両用物体検出装置に使用される画像処理部の詳細な構成を示すブロック図である。

【図4】図3に示す画像処理部に使用される座標系を示す説明図である。

【図5】図3に示す線対応マッチング部における道路モデルと白線との線対応マッチングを示す説明図である。 10

【図6】物体検出の原理を示す図である。

【図7】時空間画像の一例を示す図である。

【符号の説明】

101 撮像手段

102 前処理手段

103 道路モデル演算手段

104 座標変換手段

105 位置ずれ検出手段

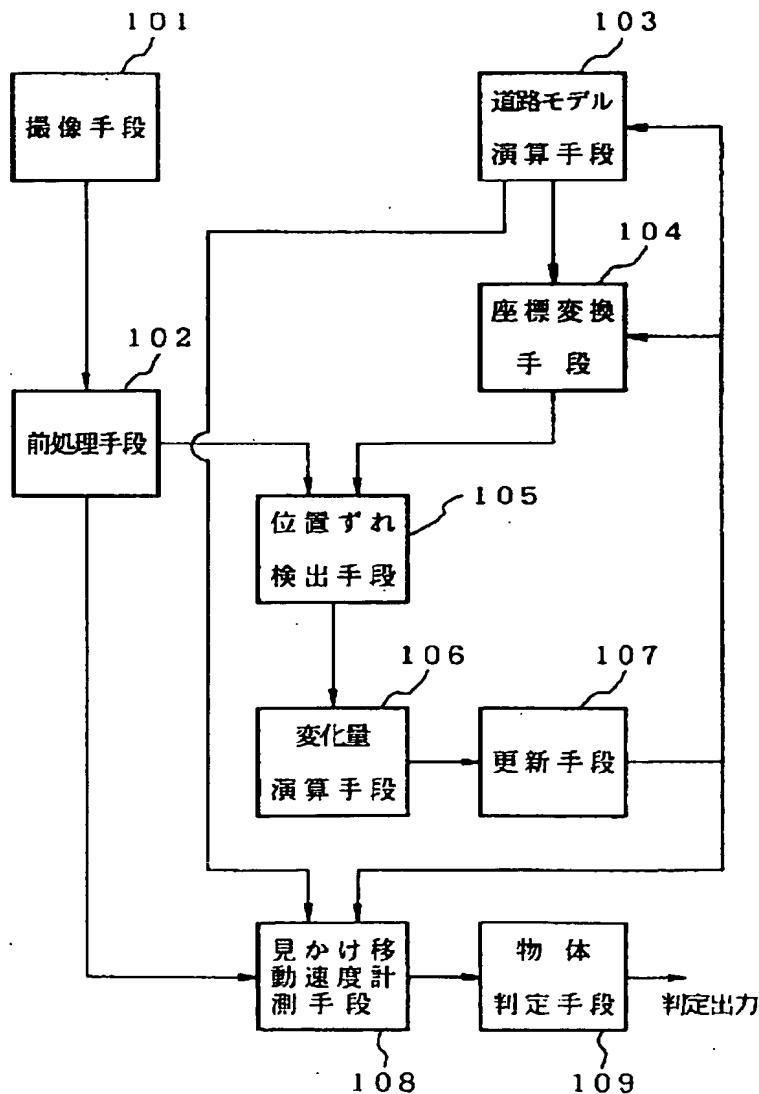
106 変化量演算手段

107 更新手段

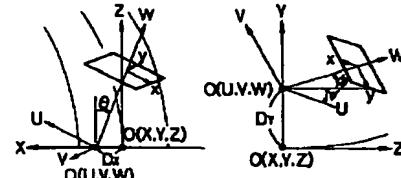
108 見かけ移動速度計測手段

109 物体判定手段

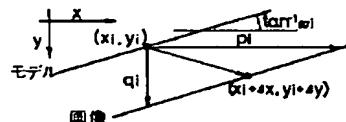
【図1】



【図4】



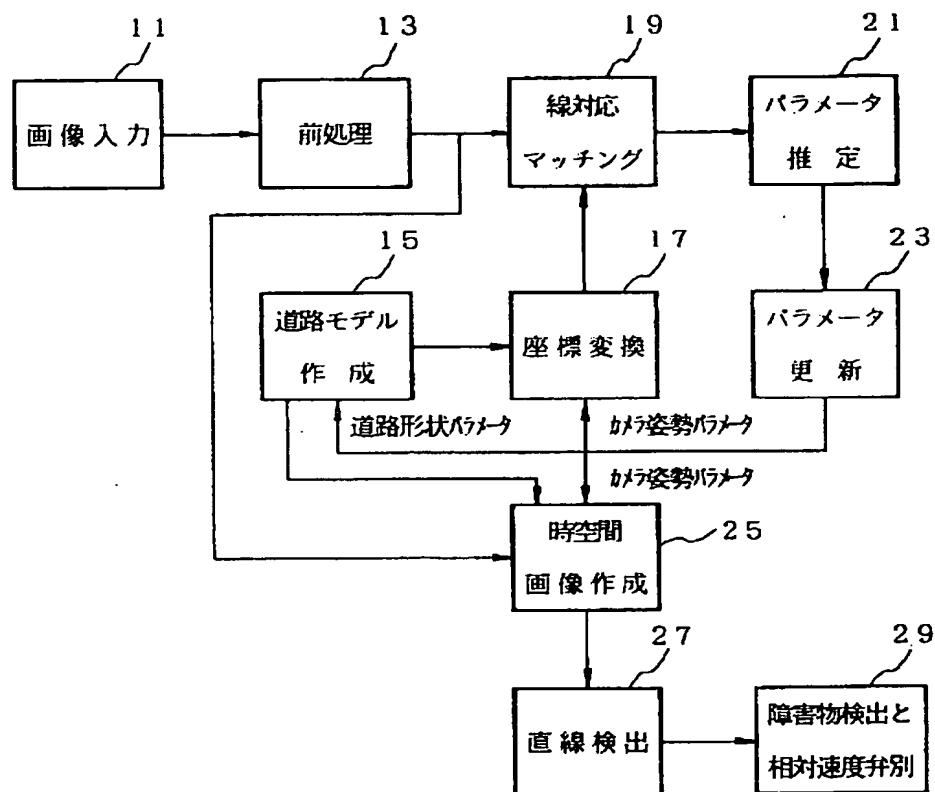
【図5】



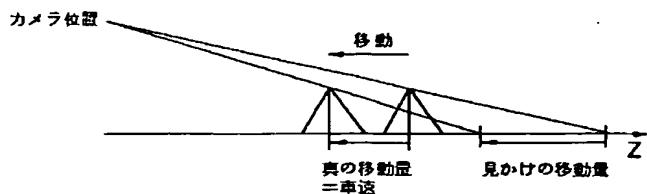
【図2】



【図3】



【図6】



【図7】

